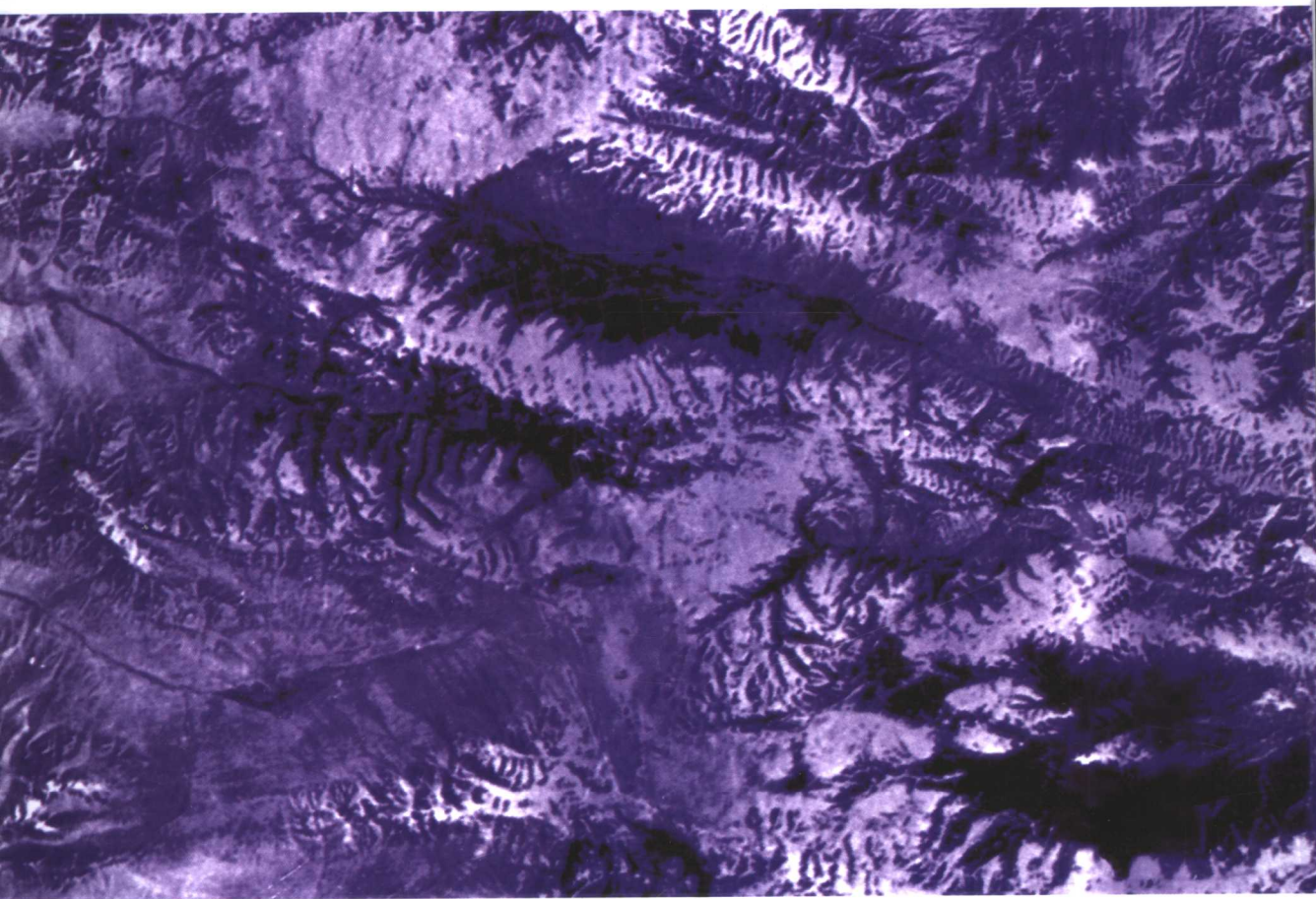


18

地壳构造与地壳应力文集

中国地震局地壳应力研究所 编



地震出版社



地壳构造与地壳应力文集

(18)

中国地震局地壳应力研究所 编

地震出版社

2006

图书在版编目 (CIP) 数据

地壳构造与地壳应力文集. 18/中国地震局地壳应力研究所编著.

—北京:地震出版社, 2006

ISBN 7-5028-2861-3

I. 地... II. 中... III. ①地壳构造-文集②构造地应力-文集

IV. P313.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 029993 号

地震版 XT200500001

内 容 提 要

本书为中国地震局地壳应力研究所连续性学术论文集, 为配合全国第四届地应力会议的召开, 特刊登了会议的部分论文。全书包括地壳应力环境及其动力过程、地应力测量技术的新进展、地应力测量在工程中的应用、应力-应变观测与地震、地震预报、地震活动性、遥感地质与地质灾害预测等方面的内容。

本书可供地球动力学研究、地应力测量理论及应用、地震监测预报、工程地质等领域的人员及有关大专院校的师生阅读。

地壳构造与地壳应力文集 (18)

中国地震局地壳应力研究所 编

责任编辑: 张晓波

特邀编辑: 张宝红 连小力

责任校对: 张晓梅

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 88421706

门市部: 68467991

传真: 68467991

总编室: 68462709 68423029

传真: 86467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大彩印厂

版(印)次: 2006年4月第1版 2006年4月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

字数: 310千字

印张: 12.25

印数: 001—500

书号: ISBN 7-5028-2861-3/P·1281 (3497)

定价: 20.00元

版权所有, 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

目 录

甚低频电磁法在四川雀儿山错坝活动断裂研究中的应用	孙昌斌 谢新生 (1)
场地波速测量资料处理的小波变换方法	陈旭庚 田家勇 王恩福 张国宏 赵国存 谢周敏 (13)
遗传算法的 BP 神经网络对滑坡孔隙水压力时间序列恢复及预测研究	陈明金 欧阳祖熙 (22)
万州枇杷坪古滑坡变形的初步分析	韩文心 (30)
万州滑坡深部位移和孔隙水压力监测系统建设和初步分析	范国胜 陈明金 (37)
岩石声发射实验研究动态及研究成果综述	宋富喜 (47)
城市隐伏活断层地震勘探方法研究进展	兰晓雯 (54)
断层最新活动年龄测定方法的探讨	赵俊香 (62)
北京平原地区主要活动断裂带研究进展	焦 青 邱泽华 (72)
跨断层地形变观测新技术应用综述	荆 燕 赵营海 张鸿旭 (85)
三马坊地热前兆异常的震源特征初探	姚宝树 沙海军 傅子忠 (95)
2005 年 10 月 8 日巴基斯坦 7.8 级地震及周边板缘地震与中国部分 地区中强地震的相关分析	刘冬英 焦 青 (103)
吉林汪清深震前东北地区应变的变化特征分析	张兴科 牛安福 温洪涛 卢艳红 张晨侠 刘俊清 张红艳 (111)
乌鲁木齐台钻孔应变与水位相关性的初步研究	唐小勇 (118)
体应变与水位、气压相关系数变化规律的研究	王 梅 毛玉华 李 峰 (125)
RZB-2 型电容式钻孔应变仪研究进展	吴立恒 李 涛 陈 征 何成平 范国胜 欧阳祖熙 (131)
一种基于 MATLAB 的地震视应变计算方法的实现	张 彬 杨选辉 易志刚 陈大庆 (139)
倾斜形变观测技术发展综述	何成平 欧阳祖熙 (149)
有关制订“地震地形变观测仪器进网条件”行业标准的一些情况和思考	苏恺之 (158)
活动断层的常用研究方法	李玉森 (169)
远场大震同震水位振荡、水温下降类型机理初步研究	陈大庆 刘耀炜 杨选辉 刘永铭 (176)

Contents

- Application of the Very Low Frequency Electromagnetic Method to the Cuoba
Active Fault in Queershan, Sichuan Province
..... Sun Changbin Xie Xinsheng (12)
- Wavelet analysis in wave-velocity logging
..... Chen Xugeng Tian Jiayong Wang Enfu
Zhang Guohong Zhao Guocun Xie Zhoumin (21)
- A Study on Landslide Pore-water Pressure Time Series Restoration and Prediction
Based on Genetic Neural Network Chen Mingjin Ouyang Zuxi (29)
- Monitoring Data Analysis of PiPaPing Paleo Landslide in Wanzhou
..... Han Wenxin (36)
- Construction and Preliminary Result of a Deep Displacement and Pore-pressure
Monitoring System in Wanzhou Landslide Region
..... Fan Guosheng Chen Mingjin (46)
- Summary of Trends and Achievements of Experimental Studies on Rock Acoustic
Emission Song Fuxi (53)
- Advancements in the investigation of Seismic Prospecting Methods of Urban
Hidden Active Fault Detection Lan Xiaowen (61)
- Investigation of the Dating Method of Most Recent Activities of Faults
..... Zhao Junxiang (71)
- Research Progress of Major Active Faults in Beijing Plain Area
..... Jiao Qing Qiu Zehua (84)
- Cross-fault Deformation Observation Using New Techniques
..... Jing Yan Zhao Yinghai Zhang Hongxu (94)
- Preliminary Investigation of Characteristics of Geo-thermal Precursory Anomaly
Before Signal Earthquake in North China and its Significance in Prediction
..... Yao Baoshu Sha Haijun Fu Zizhong (102)
- Correlation Analysis of Medium and Strong Earthquakes in Some Regions of China
with the 2005/10/8 Pakistan *M* 7.8 Earthquake and Other Interplate
Earthquakes Liu Dongying Qiao Qing (110)

- Precursor Features of Strain Variation in Northeast China prior to the Deep Focus Earthquake of Wangqing, Jilin Province
 Zhang Xingke Niu Anfu Wen Hongtao Lu Yanhong
 Zhang Chenxia Liu Junqing Zhang Hongyan (117)
- A Preliminary Study of the Correlation between Borehole Strain and Water Level at Station Wrumuqi Tang Xiaoyong (124)
- A study on the correlation coefficient of body-strain meter data with water level and air pressure Wang Mei, Mao Yuhua, Li Feng (130)
- Progress of Research with RZB -2 Capacitive Borehole Strainmeters
 Wu Liheng Li Tao Chen Zheng He Chengping
 Fan Guosheng Ouyang Zuxi (138)
- A Seismic Apparent Strain Calculating Method Based on MATLAB
 Zhang Bin Yang Xuanhui Yi Zhigang Chen Daqing (148)
- A Review on the Observation Technique of Ground Tilt
 He Chengping Ouyang Zuxi (157)
- Situation and Consideration of the Professional Standard "Network Acceptance Conditions for Instruments of Seismic Ground Deformation Observation"
 Su Kaizhi (168)
- The Basic Contents and Common Methods of Active Fault Research
 Li Yusen (175)
- On the mechanism of water temperature drop and water level oscillation in response to remote strong earthquakes
 Chen Daqing Liu Yaowei Yang Xuanhui Liu Yongming (187)

甚低频电磁法在四川雀儿山错坝 活动断裂研究中的应用

孙昌斌 谢新生

(中国地震局地壳应力研究所 北京 100085)

摘要 本文介绍了甚低频电磁法的基本原理及其野外工作方法,并论述了甚低频电磁法在四川雀儿山错坝活动断裂中的应用。沿该断裂实测 22 条甚低频测线,其中 16 条测线结果显示水平电场及电阻率的低值异常,其异常范围宽度 60~120m。实践表明,甚低频电磁法在确定断层的空间展布时是行之有效的,最后笔者总结了应用甚低频工作所得出的几点认识及体会。

一、引言

活动断裂是危及工程安全的重要隐患。在断层覆盖区,如何采取物化探手段探测活动断裂展布的位置、规模及几何形态,为工程设计提供基础数据,是活断层研究面临的问题。在多种物化探测试手段中,甚低频电磁法具有不需建立自己的场源、成本低、效率高、仪器轻便、测量参数多、方便野外使用、资料的解释简单且具有良好的地质效果等诸多优点,因而被用于地质找矿、寻找地下水及断层等方面。本文重点介绍在国道 317 线雀儿山隧道预选场址工程项目中应用甚低频电磁法对错坝活动断裂实施探测取得的研究结果。

二、基本原理及前人应用概况

1. 基本原理和工作方法

甚低频电磁法 (Very Low Frequency Electromagnetic Method) 是利用海军通讯台或导航台发射的 15~25kHz 波段的无线电波作场源 (属于被动源) 的电磁感应法,并把发射台天线当作位于地表的一个垂直电偶极子。该法基于电磁感应原理,电磁波在传播过程中碰到良导体或磁性感应体时,将使其极化而产生二次电流,从而引起感应二次场。一般情况下,二次场与一次场合成后的总场与一次场的振幅、方向和相位均不同,即引起一次场的畸变。而测量某些参数的畸变,即可发现地下的良导体或磁性感应体的存在^[1]。

野外工作方法可分为倾角法和波阻抗法两种,测量参数分别为磁场水平分量 NH 、磁场垂直分量 NZ 、极化椭圆倾角 D 及电场水平分量 NE 。

(1) 倾角法:采用此方法工作时所测磁场水平分量 NH 在良导体上方应有最大值,由

于 VLF-EM 法振幅系相对测量, 所以 NH 应被正常场的 N_0 除之, 并用百分比表示; 磁场垂直分量 NZ 的存在表明地下有良导体, 二次场 (垂直) 分量幅度通常为水平幅度的 5% 以上。曲线形态为双峰式, 最小值在良导体的正上方; 在倾角法所测参数中倾角 D 值最灵敏, 地质效果较好。但由于本方法所用工作频率高, 易引起较大的地质噪音, 而使倾角曲线杂乱。为了消除地质噪音, 减小地形影响, 突出异常, 通常采用一维数字滤波 (即 Fraser 滤波) 的办法对所测倾角值进行处理。其滤波公式为:

$$f_{2.3} = (M_4 + M_3) - (M_2 + M_1)$$

式中, $f_{2.3}$ 表示测点 f_2 与测点 f_3 的中间值; M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 表示各测点的观测倾角值。滤波处理后的曲线交零点或拐点 (即异常点) 被转变成了极大值, 便于勾绘等值线平面图。

(2) 波阻抗法: 采用此方法工作时测量参数为电场水平分量 NE 和仪器 (磁性天线) 垂直于测线方向读取的磁场水平分量 NH , 然后根据下列公式算出介质的电阻率 ρ_e 。

$$\rho_e = K_{*} \left| \frac{NE}{NB} \right|^2 (\Omega \cdot m)$$

式中, K_{*} 为仪器的装置系数, 计算出的 ρ_e 可绘成面曲线图。

2. 前人应用概况

甚低频电磁法是近 30 年发展起来的一种勘探手段, 由于具有成本低、便于野外作业等优点, 因而被尝试性应用于地质找矿、寻找地下水及断层等方面。

在四川团宝山铅锌矿外围找矿^[2]、河南省西峡县寻找铜矿^[3]以及大兴安岭西坡新巴尔虎右旗南部寻找萤石矿床^[4]研究时, 曾采用甚低频电磁法中的倾角法测量, 取得了较好的效果。

在海南花岗岩地区基岩裂隙水调查中^[5], 应用倾角法和波阻抗法较好地确定了目标区含水状况; 在山东省平阴县进行找水^[6], 曾利用测量参数电场水平分量 NE 进行分析, 顺利地寻找到地下水; 在基岩山区寻找导水型和阻水型蓄水构造的实测中^[7], 先以电场水平分量 NE 参数作为初测, 当 NE 有异常反应时, 再用其他参数复测对比, 使测量更简单, 提高工效, 取得事半功倍的效果。

在断裂研究方面, 徐邦国^[8]曾利用重庆地质仪器厂生产的 DDS-1 型甚低频电磁仪, 采用波阻抗法在山前冲积平原上圈定断裂构造, 为验证甚低频测量结果, 又进行了电阻率对称四极、电测深测量, 测量结果与甚低频一致; 许天海^[9]报道曾经利用 DDS-2 型甚低频电磁仪探测西非拉帕达马花岗岩区风化层之下的断裂带, 采用倾角法测量收到了预期的效果; 在西昌—攀枝花高速公路德昌县宽裕乡附近, 为了查明隐伏于第四系 20~30m 之下的安宁河西支断裂的确切位置及延伸情况, 综合甚低频电磁法、电测深法以及断层气测试法进行探测, 达到了较好的效果。其中甚低频电磁法中的磁场水平分量 NH 、磁场垂直分量 NZ 、极化椭圆倾角 D 及视电阻率 ρ_e 出现了同步异常, 被推测为由断层引起, 破碎带宽度达百米。刘焕喜等^[10]认为, 在甚低频探测中, 极化椭圆倾角灵敏度高, 但易于受到其它电磁波的干扰, 而磁场水平分量的变化相对稳定。在一般情况下, 主要结合这两种参数, 提取有效信号。

三、在错坝活动断裂研究中的应用

1. 区域地理及地质构造环境

雀儿山隧道地处青藏高原东部的川西高原，行政区域属于川藏交界四川省德格县境内。区内川西高原海拔在 4000m 以上，部分山峰高达 5000m，最高峰雀儿山，海拔 6168m（图 1）。区内山脉及河流的走向多呈北西方向，山脉地形陡峻，沟谷深切，地形的相对高度达到 1000~2000m，有现代冰川分布。雀儿山山脉呈北西走向，角峰耸立，岩石裸露。区内分布着长江上游的两大水系，雅砻江及金沙江。在错坝断裂展布的错柯河谷属于雅砻江水系，雀儿山以西的色曲河谷属于金沙江水系，其分水岭位于雀儿山 5050m 垭口处。

区内断裂构造发育（图 1），主要为北西和北西西向，规模大，有的为深断裂，组成构造单元的分界线。第四纪以来断裂活动强烈，活动方式以逆断层及左旋走滑为主。在这些断裂中，最醒目的是斜贯全区的甘孜—玉树断裂带和鲜水河断裂带。这两条断裂构成了川滇菱形块体的北边界，总体走向 $NW60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ，是晚第四纪强烈活动的左旋走滑断裂，也是该区域的强震构造带^[1]。

位于甘孜—玉树断裂带西南 14km 展布的达朗松沟断裂带，由错坝断裂、安巴多拉断裂及错通沟—野麻沟断裂组成，属于晚更新世晚期活动断裂（图 1）。位于达朗松沟断裂带西北段的错坝断裂走向 $NW50^{\circ}$ ，长 26km，东端起自新路海、沿错柯河谷向西北延伸穿过雀儿山 5050m 垭口，西端延至多朗隆沟东侧（图 2）。

在区内一些地段错坝断裂已有断面出露及断错地貌显示，但在另一些地段，断面被高山区的崩积及冰川堆积覆盖，直接影响到国道 317 线雀儿山隧道的选址。为了确认崩积覆盖区内错坝断裂的展布，本研究尝试应用甚低频电磁法。当错坝断裂在基岩中形成破碎带，将会出现电法或电阻率的异常，通常表现为低阻异常。

2. 实测结果

本次工作采用的仪器为重庆地质仪器厂生产的 DDS-3 型甚低频电磁仪。该仪器可接收频率为 17.4kHz 的日本爱知县依佐美 NDT 电台和频率为 22.3kHz 的澳大利亚西北角 NWC 电台的信号。野外工作时由于日本电台的信号比较弱，所以选择了澳大利亚电台 22.3kHz 的工作频率。本次工作主要采用波阻抗法中的电阻率 ρ_e 和水平电场 NE 两项参数进行分析，其中电阻率 ρ_e 可由上述公式算出，水平电场 NE 则由仪器直接测出，测量结束后，将测值统一到增益为 1 的数值上。

沿错坝断裂垂直于断层方向布设了 22 条甚低频测线（图 2），测线内的点距为 10m，单条测线的长度，最短 120m，最长 670m，多数为 120~300m 之间（表 1）。

在跨错坝断裂布设的 22 条甚低频测线中，有 11 条测线出现电阻率低值异常，有 16 条测线出现水平电场低值异常（表 1）。在其余没有出现异常的 6 条测线中，布设在断裂东西两端的 3 条测线 N11、N31、N32 没有异常显示的原因可能是由于断裂到了终端，测线没有跨断层所致。在另外 3 条测线中，N26 测线长 320m，该测线因实测第一天下冰雹，

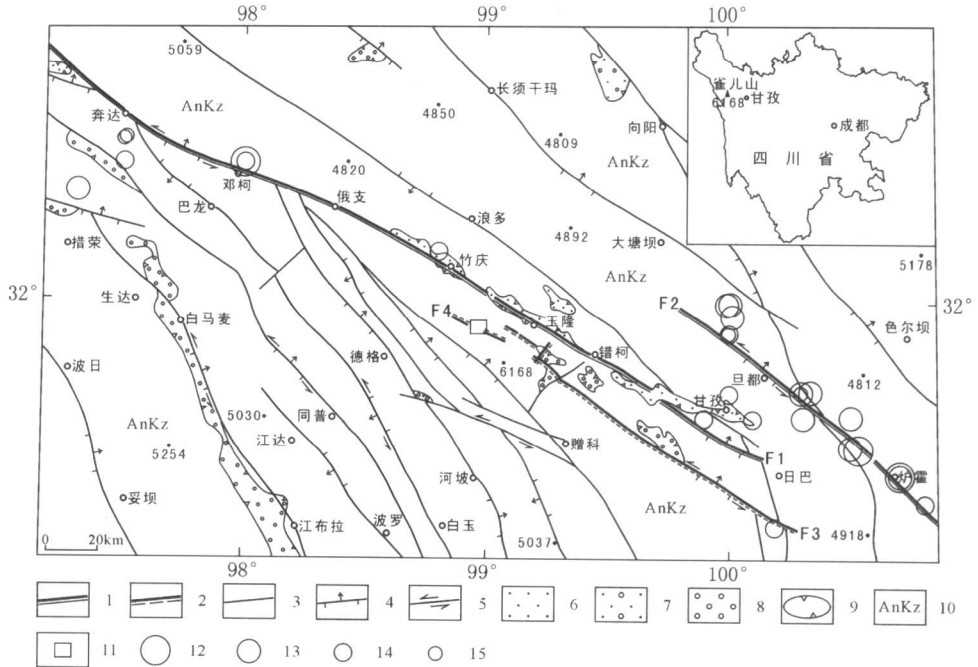


图1 区域活动断裂与强震震中分布

- 1. 全新世活动断裂; 2. 晚更新世活动断裂; 3. 早、中更新世活动断裂; 4. 逆断层; 5. 走滑断层;
- 6. 第四系; 7. 上第三系; 8. 下第三系; 9. 盆地边界; 10. 前新生代基岩; 11. 隧道场地; 12. 震中 $M=7.0\sim 7.9$;
- 13. 震中 $M=6.0\sim 6.9$; 14. 震中 $M=5.0\sim 5.9$; 15. 震中 $M=4.7\sim 4.9$; 主要断裂名称: F1 甘孜—玉树断裂;
- F2 鲜水河断裂; F3 达朗松沟断裂; F4 错坝断裂

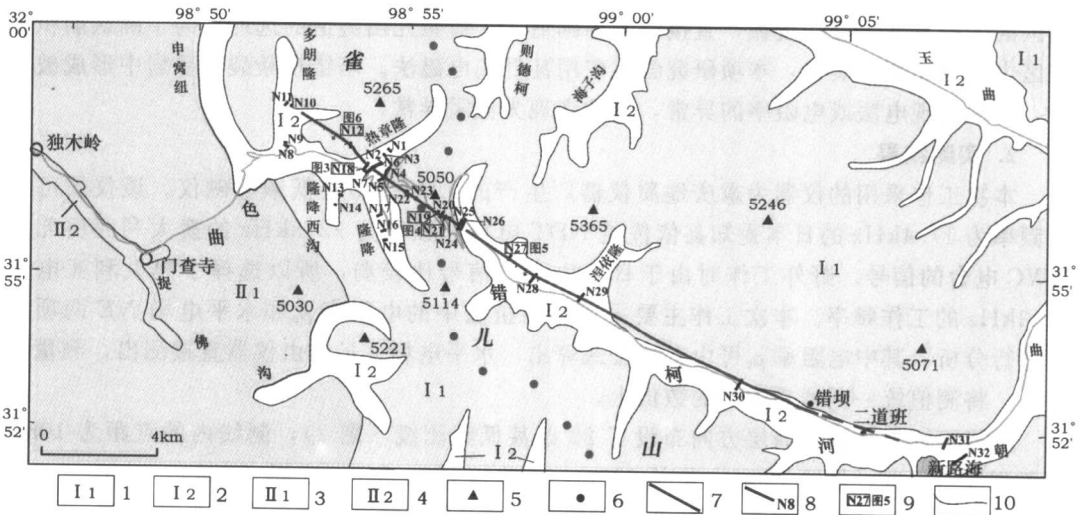


图2 雀儿山地貌和错坝活动断裂平面展布及甚低频测线分布

- 1. 现代冰川及冰蚀地貌; 2. 冰蚀及冰碛地貌; 3. 深切割高山地貌; 4. 冲洪积河谷平原地貌; 5. 山峰;
- 6. 分水岭; 7. 错坝断裂; 8. 甚低频测线及编号; 9. 图5(文中插图号); 10. 国道317线

表1 跨错坝断裂甚低频电磁波探测曲线异常简表

测线 编号	地点	测线 长度/m	电阻率/ $\Omega \cdot m$				水平电场/ $(\mu V/m)$			
			异常	形态	幅度	宽度/m	异常	形态	幅度	宽度/m
N2	隆章热沟	670	√	下凹	130	300	√	下凹	1.5	200
N4	隆章热沟东侧	300	√	下凹	2000	100	√	下凹	4.0	70
N5	隆章热沟东侧	410	√	下凹	1500	—	√	下凹	50	100
N6	隆章热沟东侧	420	—	—	—	—	√	下凹	15	70
N10	多朗隆沟东侧	120	√	下凹	6000	50	√	下凹	60	70
N11	多朗隆沟西侧	200	—	—	—	—	—	—	—	—
N12	六道班温泉西	250	—	上升	400	—	√	下凹	13	100
N18	六道班温泉东	300	√	下降	50	—	√	下凹	10	100
N19	雀儿山垭口东	180	√	下凹	70	100	√	下凹	30	100
N20	雀儿山垭口东	260	√	下凹	200	100	√	下凹	40	100
N21	雀儿山垭口东	170	√	下凹	150	100	√	下凹	20	80
N22	五道班东面	170	—	—	—	—	√	下凹	20	80
N23	雀儿山垭口西	140	—	上凸	600	50	—	上凸	25	60
N24	错柯河西侧	240	—	上凸	6000	60	—	—	—	—
N25	玛里格沟沟口	410	√	下凹	1000	—	√	下凹	4.5	150
N26	玛里格沟沟口	220	—	—	—	—	—	—	—	—
N27	央格托沟沟口	250	—	—	—	—	√	下凹	13	70
N28	央格托沟东侧	440	√	下凹	500	70	√	下凹	360	
N29	涅依隆沟口	400	—	—	—	—	√	剧变	30	—
N30	错柯河藏村	460	√	下凹	40	50	√	下凹	7.0	60
N31	新路海东北	450	—	—	—	—	—	—	—	—
N32	新路海东	480	—	—	—	—	—	—	—	—

分两天完成，两天的天气差异造成测值连接不上。此外，N23与N24测线显示了高值异常，尚不知何原因造成。在这些测线中，电阻率异常的相对幅度变化很大，最小值出现在测线N30，位于错柯河藏村，为 $40\Omega \cdot m$ ；最大值出现在测线N10，位于多朗隆沟东侧，异常幅度达到 $6000\Omega \cdot m$ ，其次为位于隆章热沟东侧的测线N4，为 $2000\Omega \cdot m$ ；绝大多数测线异常的相对幅度小于 $500\Omega \cdot m$ 。水平电场的相对异常幅度变化也较大，最小为 $1.5\mu V/m$ ，位于隆章热沟的测线N2；最大为 $50\mu V/m$ ，位于隆章热沟东侧的测线N5；绝大多数测线异常的相对幅度小于 $30\mu V/m$ 。有关这些测线异常的宽度，电阻率的异常宽度

最大值为 300m, 位于隆章热沟东侧的测线 N2, 其余为 70~100m; 水平电场的异常宽度最大为 200m, 与电阻率异常呈现最大宽度的测线相同, 也是位于隆章热沟东侧的测线 N2。此外, 位于错柯河东侧玛里格沟沟口的测线 N25 水平电场异常宽度为 150m; 其余测线的异常宽度为 60~100m。

以下介绍几条异常显示较好的甚低频测线曲线图。

测线 N12 位于六道班温泉西沟基岩陡崖东侧的山腰上, 从图 3 中曲线可以看出, 水平电场出现宽约 100m、相对异常幅度约 $20\mu\text{V}/\text{m}$ 的低值异常, 而该测线的电阻率除了显示上下的跳跃外, 整体呈现正值的上升。测线 N18 位于六道班温泉东侧, 从图 3 中曲线看出, 水平电场有宽约 100m、幅度达 $10\mu\text{V}/\text{m}$ 的低值异常显示, 电阻率总体呈现约 $20\sim 50\Omega\cdot\text{m}$ 的下降凹兜形态。

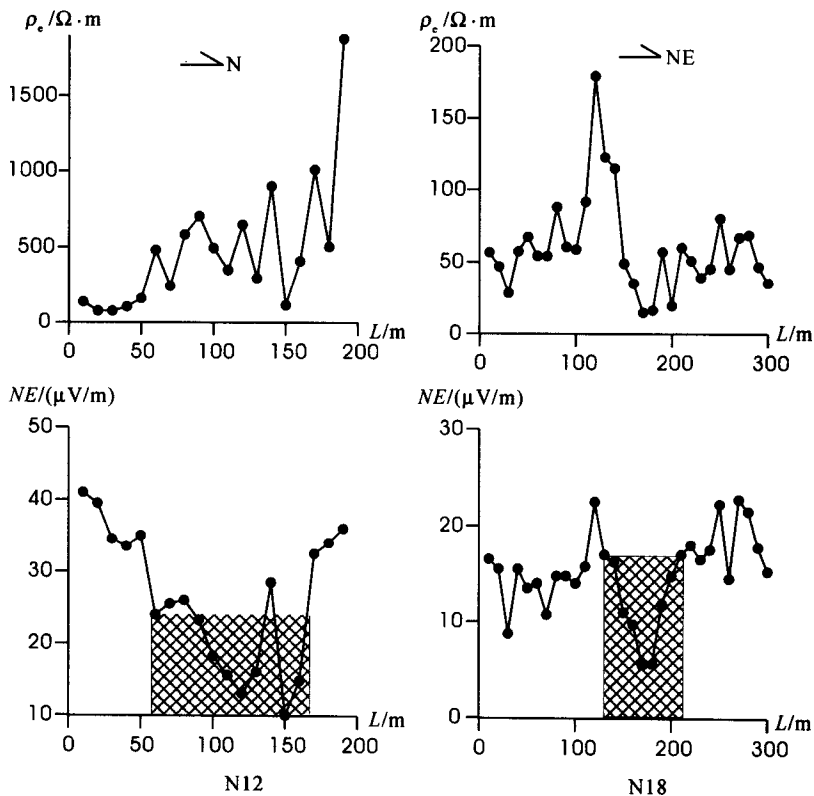


图 3 错坝断裂甚低频测线 N12 与 N18 电阻率 ρ_c 和水平电场 NE 曲线图

图 4 中的测线 N19 及 N21 为位于雀儿山垭口东侧的两条甚低频测量曲线, 该处的海拔为 5020m, 其电阻率曲线与水平电场曲线同步显示了低值异常的凹兜形态, 宽度达到 70~100m, 幅度达到 $50\sim 100\Omega\cdot\text{m}$ 及 $20\mu\text{V}/\text{m}$ 。

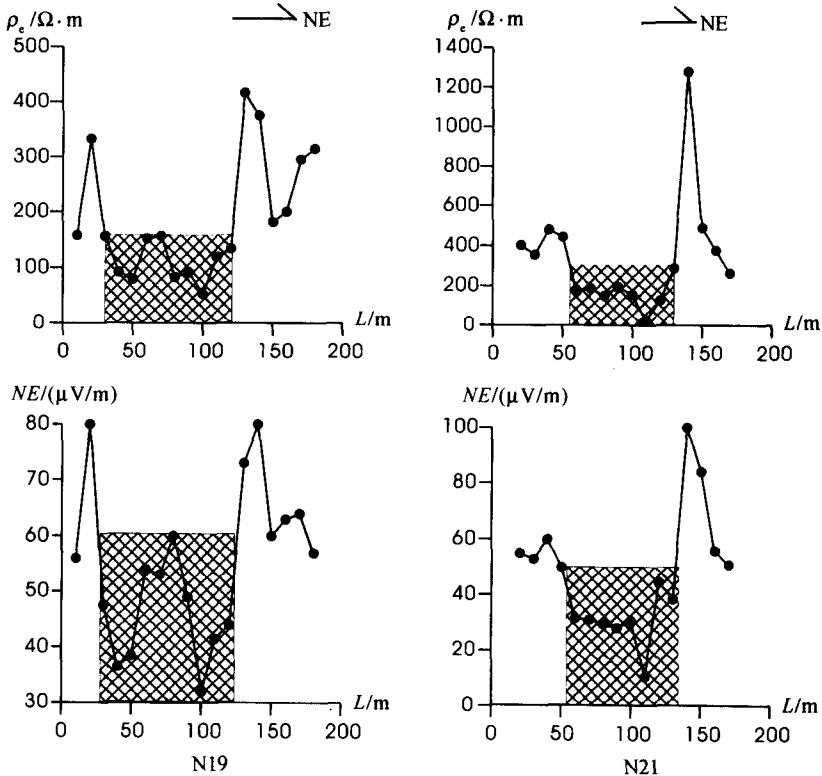


图4 错坝断裂甚低频测线 N19 与 N21 电阻率 ρ_c 和水平电场 NE 曲线图

3. 异常原因分析

在甚低频测量结果的解释方面，有以下诸多具体因素均会影响曲线的分布。

(1) 断层破碎带的影响，尤其是含水的断层破碎带更容易形成甚低频探测曲线的凹陷型低值异常；

(2) 由地形原因形成的陡峻基岩边坡冰碛物或崩坡积物(松散沉积物)的甚低频曲线低值异常不容易与断层破碎带的异常区分^[12,13]；

(3) 由基岩地层差异对甚低频曲线造成的影响容易形成台阶式的曲线形态；

(4) 测线方向对甚低频电磁法电阻率的影响^[14]，水平电场将随测线与发射台夹角的增大而减小，由此引起电阻率随测线方向的变化而变化；

(5) 地形影响^[15,16]是指测线所跨的地形起伏较大，其中又分单向地形影响，即地形由低向高或由高向低，或多向地形影响，即地形由高向低又由低向高，或反之；

(6) 地表含水冲沟分布对测量值的影响，这种影响在地表易于识别，其影响宽度取决于地表水量的大小及宽度；

(7) 基岩中岩脉和节理分布的影响。

为此，在确认甚低频测量异常的属性时，需依据测线所在地点的地形、地貌、地质条件，分析各类因素可能造成的影响。

本项研究对错坝断裂实施了 22 条测线, 其中被认为属于断层破碎带异常的测线有 16 条 (N2、N4~6、N10、N12、N18~22、N25、N27~30)。在这 22 条测线中, 横穿边坡冰碛物的测线有 14 条 (N10~11、N19~30), 但这些横穿边坡冰碛物的测线与显示断层破碎带的测线并不完全吻合, 其中 N11、N23~24 及 N26 这 4 条测线没有显示出电阻率或水平电场的低值异常; 而在显示低值异常的测线中, N2、N4~6、N12 及 N18 等 6 条测线是不属于横穿边坡冰碛物的测线。两者对比, 相互吻合与不吻合的测线数目各是 10 条。

在本项研究的 22 条测线中, 存在明显地形差异的测线有 12 条 (N10~11、N18、N22~30), 除 N18 以外的 11 条测线也属于横穿边坡冰碛物的测线, 其中 N11、N23~24 及 N26 这 4 条测线没有显示电阻率或水平电场的低值异常, 不属于显示断层破碎带的异常测线; 而在显示低值异常的测线中, N2、N4~6、N12 及 N19~21 等 8 条测线是不存在明显地形差异的测线。所以在显示甚低频低值异常与存在明显地形差异的测线对比中, 相互吻合与不吻合的测线数目分别是 8 条与 12 条。

在本项研究中, 存在地表水影响较大的测线有 2 条, 分别为 N25 及 N26 测线, 测线 N25 显示了甚低频低值异常。此外, 在区内测线范围内, 不存在明显的岩性差异及岩脉影响。区内节理展布, 其构造节理的密集区主要集中在断裂带附近, 其对甚低频异常的影响已叠加在断裂破碎带异常之中。

综合上述可见, 对于错坝断裂甚低频异常而言, 断层破碎带是造成甚低频低值异常的主要原因。同时, 边坡堆积物、坡中谷的负地形也受到断层的影响, 二者对甚低频探测的影响也叠加在断层破碎带的异常之中。

4. 结论

在跨错坝断裂 26km 范围内的 22 条测线中, 有 16 条测线出现水平电场低值异常, 有 11 条测线出现电阻率低值异常, 这些异常的主要形成原因是展布于花岗岩及三叠纪砂岩中断层破碎带的影响。这些测线显示该破碎带的宽度多为 50~100m。这些甚低频测线的测量结果与地表断裂出露点及断错地貌共同显示了错坝断裂的线性展布。

为了进一步说明甚低频测线的低值异常宽度, 现将地表断层陡坎与邻近的甚低频测线相互进行对比。图 5 为错坝断裂东段央格托沟东侧地表断层陡坎与邻近甚低频测线 N27 的对应, 图 6 为错坝断裂西段六道班温泉西侧地表断层陡坎与邻近甚低频测线 N12 的对应。从图中可以看出, 甚低频测线显示的电阻率或水平电场的低值异常的位置及宽度与错坝断裂破碎带的展布可对应。在央格托沟与涅依隆沟之间及断裂西段六道班温泉西沟沟头两个地点, 分别为两条断层陡坎平行分布, 两条陡坎之间分别相距 80m 与 100m。此外, 位于雀儿山海拔 5050m 垭口东侧及隆章热沟东侧的断层沟, 宽度约 100m, 也大体反映了断层破碎带的宽度。

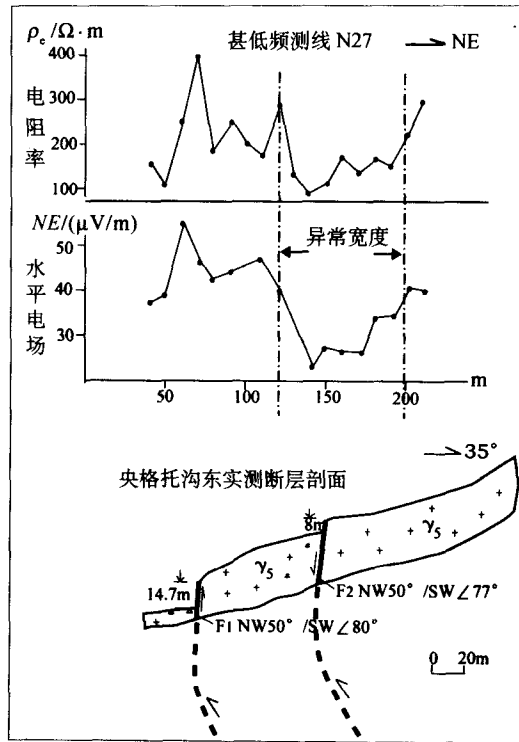


图5 央格托沟东侧错坝断裂地表断层陡坎与甚低频测线(N27)实测曲线对比

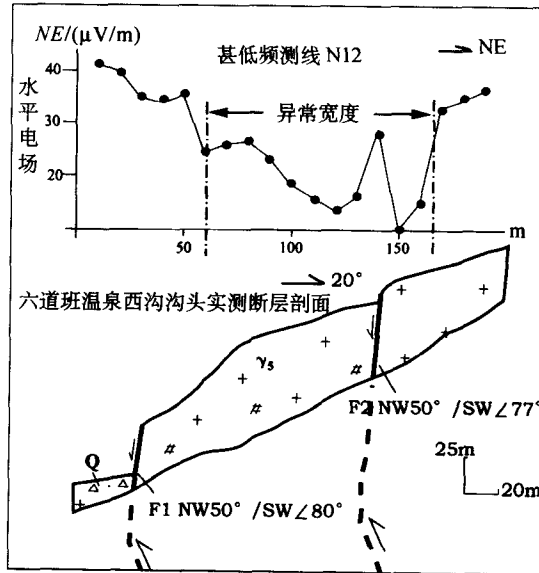


图6 六道班温泉西侧错坝断裂地表断层陡坎与甚低频测线(N12)实测曲线对比

四、讨 论

通过本项研究的野外实地测量,对应用甚低频探测断裂有以下几点认识:

(1) 根据探测目标在地表出露段的特征来分析隐伏段的大致位置,要求测线分布合理,测线布设要有足够的长度。

(2) 各条测线方向应尽量一致,布设方向与推测断裂展布尽可能垂直。测点点距采用10m适中。跨越冲沟时要取水平距离,遇建筑物或复杂地形时,可平行布设多条测线,首尾相接,允许短距离平移和小角度转折,使工作区大体连接成一条完整的测线,以防漏掉地质异常带。

(3) 当覆盖层厚度大时,仪表读数小,覆盖层薄时仪表读数大为正常现象,可调整增益,选择合适的档位测量。

(4) 在野外实测时,读数太小,各测点无大小变化,有可能是连线接触不好或发射台停播。若仪器指示不稳,可能有电台信号干扰,应找出规律再进行测量。

(5) 为了减少人为因素(观测员)及野外现场诸多具体因素的影响,每条测线由固定人员观测,且最好在当天完成同条测线的测量。

(6) 甚低频电磁法因仪器轻便、效率高、解释直观,在解决工程地质问题中,有其优点。但单独使用仍有一定的局限性,应与其他物化探方法配合,才能使解释更加合理。在本项研究中,除了甚低频电磁法物探方法外,还应用了土壤气氛测量的化探方法,两种方法相互印证,取得了较为一致的研究结果。

参 考 文 献

- [1] 史保连, 甚低频电磁法, 北京: 地质出版社, 1986。
- [2] 张寿庭、徐旂章、郑明华, 甚低频电磁法在矿体空间定位预测中的应用, 地质科技情报, 18 (4): 85~88, 1999。
- [3] 许令兵, 甚低频电磁法在河南省竹园铜矿的应用, 中国地震, 28 (11): 25~28, 2001。
- [4] 白大明、关继东、苏来柱, 甚低频电磁法在某萤石矿勘查中的应用, 物探与化探, 26 (1): 39~41, 2002。
- [5] 史保连、辜彬, 甚低频电磁法在基岩裂隙水勘探中的应用, 物探与化探, 13(4): 273~280, 1989。
- [6] 姬广柱、周强、侯国强, 甚低频电磁法寻找地下水探讨, 地下水, 24 (1): 42、49, 2002。
- [7] 於益民、程学江, 甚低频电磁法在基岩山区找水中的应用, 地下水, (1): 50~53, 1989。
- [8] 徐邦国, 甚低频法应用实例分析, 江苏地质, (2): 39~43, 1989。
- [9] 许天海, 地面甚低频电磁法在工程地质中的应用, 水电站设计, 10 (4): 76~80, 1994。
- [10] 刘焕喜、何强、杨涛, 多种物化探手段在断裂勘探中的综合应用, 陕西地质, 20(1): 66~71, 2002。
- [11] 闻学泽、徐锡伟、郑荣章等, 甘孜-玉树断裂的平均滑动速率与近代大地震破裂, 中国科学 D 辑, 33 (z1): 199~208, 2003。
- [12] 张文居、赵其华、沈军辉等, 甚低频电磁法确定覆盖层厚度的原理及应用, 西北水电, (1): 9~11, 2004。
- [13] 郭建强、彭成、孙党生, 链子崖危岩体勘查中物探技术的应用, 水文地质工程地质, (3): 54~57, 2003。
- [14] 陈振武, 测线方向对甚低频电磁法电阻率的影响及校正方法, 工程勘察, (3): 65~69, 1995。
- [15] 刘煜洲、陈福集、王爱民等, 甚低频电磁法边界元数值模拟及地形影响与改正, 物探与化探, 18 (6): 457~462, 1994。
- [16] 莫撼, 甚低频电磁法的地形影响, 华东地质学院学报, 17 (2): 138~143, 1994。